

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10247428 A**

(43) Date of publication of application: **14 . 09 . 98**

(51) Int. Cl

**H01B 12/10**  
**H01B 13/00**

(21) Application number: **09048951**

(22) Date of filing: **04 . 03 . 97**

(71) Applicant: **TOSHIBA CORP**

(72) Inventor:  
**TAZAKI KENJI**  
**YAMAMOTO KAZUO**  
**ONODA HIROKO**

**(54) OXIDE SUPERCONDUCTIVE WIRE**

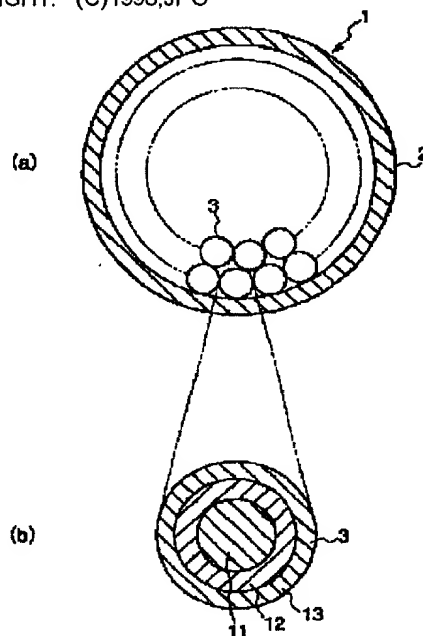
**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively suppress the so-called loss such as AC loss and heating at a junction by arranging multiple strands each covered with a metal material layer on an oxide superconductor, and providing a high-resistivity material layer having the resistivity higher than that of the metal material layer on the outside of the metal material layer of each strand.

**SOLUTION:** Multiple strands 3 are arranged in a metal matrix made of silver or copper to form a multi-conductor structure, each strand 3 is covered with a metal material 12 of silver or a silver alloy on an oxide superconductor 11, and a material layer having the resistivity higher than that of the metal material layer 12, e.g. an insulating material layer 13 of copper oxide or alumina, is arranged on the outside of the metal material layer 12. The electric resistance between the oxide superconductors 11 existing in the strands 3 can be sufficiently increased by the existence of the insulating material layer 13, and the coupling loss in AC loss can be sufficiently reduced. This multi-conductor structure can contribute to the manufacture of an AC superconductive magnet, an extremely

low-temperature current lead, and a superconductive cable requiring a low running cost.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-247428

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月14日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01B 12/10	ZAA		H01B 12/10	ZAA
13/00	565		13/00	565 D

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-48951

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月4日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 田崎 賢司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 山本 一生

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 小野田 裕子

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

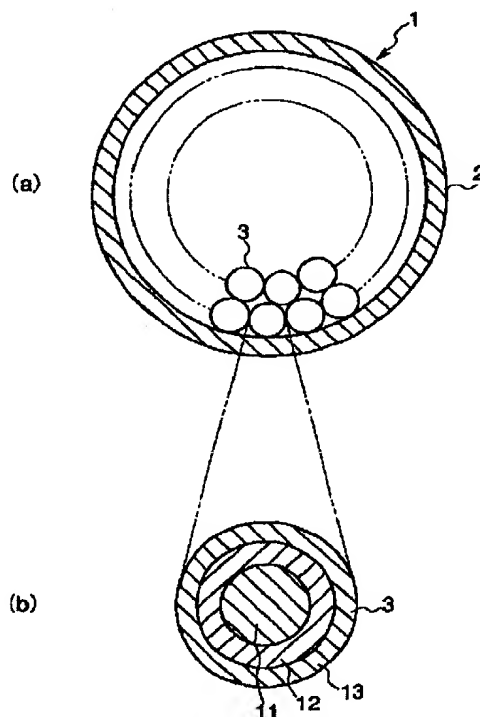
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外 6 名)

(54) 【発明の名称】 酸化物超電導線材

(57) 【要約】

【課題】 交流損失や接続部での発熱等のいわゆる損失を効果的に抑制できる酸化物超電導線材を提供する。

【解決手段】 酸化物超電導体 11 を金属材料層 12 で被覆してなる素線 3 を複数配置した多芯構造の酸化物超電導線材において、素線 3 は、金属材料層 12 の外側にこの金属材料層 12 より抵抗率の高い高抵抗率材層 13 を備えている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸化物超電導体を金属材層で被覆してなる素線を複数配置した多芯構造の酸化物超電導線材において、前記素線は、前記金属材層の外側に上記金属材層より抵抗率の高い高抵抗率材層を備えていることを特徴とする酸化物超電導線材。

【請求項 2】 前記高抵抗率材層は、金属の酸化物層で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の酸化物超電導線材。

【請求項 3】 前記高抵抗率材層は、素線の長手方向に不連続に設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の酸化物超電導線材。

【請求項 4】 酸化物超電導体と該酸化物超電導体を取巻く金属マトリクス材とを備えた酸化物超電導線材において、前記金属マトリクス材は、線材の長手方向の少なくとも一箇所に抵抗率の小さい領域を備えていることを特徴とする酸化物超電導線材。

【請求項 5】 前記抵抗率の小さい領域は、他の領域に比べて金属マトリクス材の構成物質、あるいは構成物質の合金比、あるいは構成物質中の不純物の混合比が異なっていることを特徴とする請求項 4 に記載の酸化物超電導線材。

【請求項 6】 前記金属マトリクス材は、構成物質の一つとして銀を含んでいることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の酸化物超電導線材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、酸化物超電導線材に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 周知のように、イットリウム系、ビスマス系、タリウム系などの酸化物超電導線材は、臨界温度が液体窒素温度レベル以上であるため、各種の電気機器に使用されつつある。酸化物超電導線材を構造的に分類すると、幾つかのタイプに分類される。酸化物超電導体を銀で被覆してなる銀シーステープ線材もそのうちの一つのタイプである。このタイプの酸化物超電導線材は、臨界電流密度が高いうえに、長尺化が比較的容易で、しかも銀という低抵抗マトリクスを備えているので熱的安定性にも優れており、様々な超電導コイルへの適用が期待されている。

【0003】 しかしながら、銀は低抵抗で、かつ高熱伝導という性質を持っている。この性質を備えているがゆえに、銀マトリクスを備えた酸化物超電導線材は、交流損失が問題となる交流用線材や、オフ時に高抵抗を必要とする永久電流スイッチ用線材や、低熱伝導が必要な電流リード線材には不向きであった。

【0004】 そこで、このような問題を解決するために、純銀より 1 ～ 2 桁も抵抗率が高い銀・金合金マトリクスを備えた酸化物超電導線材が開発された。このよう

な高抵抗マトリクスを備えた酸化物超電導線材の出現により、交流マグネット、永久電流スイッチおよび極低温電流リードの製作が可能となった。

【0005】 しかしながら、このような高抵抗マトリクスを備えた酸化物超電導線材にあっても、交流損失を十分に低減させるには至っていないのが実状である。また、マトリクスに銀・金合金を用いると、コストの上昇を招くという問題もあった。また、高抵抗マトリクスを備えた酸化物超電導線材では、線材同士の接続あるいは線材と電極部との接続部において、その接続抵抗が大き

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述の如く、従来の酸化物超電導線材にあっては、交流損失や接続部での発熱等のいわゆる損失が大きという問題があった。そこで本発明は、上述した損失を効果的に抑制できる酸化物超電導線材を提供することを目的としている。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、請求項 1 に係る発明は、酸化物超電導体を金属材層で被覆してなる素線を複数配置した多芯構造の酸化物超電導線材において、前記素線が、前記金属材層の外側に上記金属材層より抵抗率の高い高抵抗率材層を備えていることを特徴としている。

【0008】 なお、前記高抵抗率材層は、金属の酸化物層で形成されていてもよいし、また素線の長手方向に不連続に設けられていてもよい。また、上記目的を達成するために、請求項 4 に係る発明は、酸化物超電導体と該酸化物超電導体を取巻く金属マトリクス材とを備えた酸化物超電導線材において、前記金属マトリクス材が、線材の長手方向の少なくとも一箇所に抵抗率の小さい領域を備えていることを特徴としている。

【0009】 なお、前記抵抗率の小さい領域は、他の領域に比べて金属マトリクス材の構成物質、あるいは構成物質の合金比、あるいは構成物質中の不純物の混合比の異なりによって形成されていてもよい。また、前記金属マトリクス材は、構成物質の一つとして銀を含んでいてもよい。

【0010】 請求項 1 に係る酸化物超電導線材は、外側に抵抗率の高い高抵抗率材層を備えた素線を複数配置してなる多芯構造に形成されている。したがって、この線材では、各素線中に存在している酸化物超電導体間の電気抵抗を十分に高めることができるため、交流損失のうちの結合損失を十分に低減することが可能となる。この結果、ランニングコストの少ない交流超電導マグネット、極低温用電流リード、超電導ケーブルの製作に寄与できる。

【0011】 また、請求項 4 に係る酸化物超電導線材では、線材を構成している材料のうちの酸化物超電導体以

外の材料部分について、全体としては高抵抗を保持しながら局部的に低抵抗部を形成することができ、この低抵抗部を接続部として使用することができる。したがって、この請求項 4 に係る酸化物超電導線材は、高抵抗マトリクスが必要となる交流マグネット用線材、極低温電流リード用線材あるいは永久電流スイッチ用線材として使用でき、しかも線材同士あるいは線材と電極部との低抵抗接続を可能とする。特に、永久電流スイッチ用線材として用いた場合には、低抵抗接続により、永久電流マグネットの磁場減衰を抑制することが可能となり、極めて有益である。

#### 【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら発明の実施形態を説明する。図 1 (a) には本発明の第 1 の実施形態に係る酸化物超電導線材 1 の模式的な断面図が示されている。

【 0 0 1 3 】この酸化物超電導線材 1 は、銀や銅からなる金属マトリクス 2 中に素線 3 を複数本配置した多芯構造に形成されている。各素線 3 は、図 1 (b) に示すように、イットリウム系、ビスマス系、タリウム系などからなる酸化物超電導体 1 1 を銀や銀合金などの金属材層 1 2 で被覆し、さらにその外側に金属材層 1 2 よりも抵抗率の高い材料層、たとえば酸化銅やアルミナなどの絶縁材層 1 3 を配置したものとなっている。

【 0 0 1 4 】ここで、絶縁材層 1 3 は、線材製作過程の熱処理終了後の状態であり、熱処理前においては、必ずしも絶縁体である必要はない。たとえば、絶縁材層 1 3 が酸化銅である場合には、熱処理前の段階では、銅であってもよいし、酸化銅であってもよい。酸化物超電導体を合成する場合、熱処理は通常、800℃以上の高温で、かつ酸素の存在する雰囲気で行われる。このため、多くの金属は熱処理の過程で酸化される。

【 0 0 1 5 】このように、外側に抵抗率の極めて高い高抵抗率材層、具体的には絶縁材層 1 3 を備えた素線 3 を複数配置してなる多芯構造の酸化物超電導線材 1 であると、各素線 3 中に存在している酸化物超電導体 1 1 間の電気抵抗を絶縁材層 1 3 の存在によって十分に高めることができるため、交流損失のうちの結合損失を十分に低減することができる。したがって、ランニングコストの少ない交流超電導マグネット、極低温電流リード、超電導ケーブルの製作に寄与できる。

【 0 0 1 6 】なお、線材同士や電極との接続を必要とする部分では、絶縁材層 1 3 を除去して低抵抗の金属材層 1 2 を露出させ、この露出部分を接続部に用いることによって、十分な低抵抗接続を行うことができる。

【 0 0 1 7 】図 2 (a) 、(b) には本発明の第 2 の実施形態に係る酸化物超電導線材 1 a の模式的な断面図が示されている。この例に係る酸化物超電導線材 1 a が図 1 に示した線材と異なる点は、素線 3 a の構成にある。すなわち、各素線 3 a は、酸化物超電導体 1 1 を銀や銀合金

などの金属材層 1 2 で被覆し、その外側に金属材層 1 2 よりも抵抗率の高い材料層、たとえば酸化銅やアルミナなどの絶縁材層 1 3 を配置し、さらにその外側に金属材層 1 4 を配置したものとなっている。

【 0 0 1 8 】このように構成された酸化物超電導線材 1 a にあっても、図 1 に示される線材と同様の効果を発揮する。図 3 (a) 、(b) には本発明の第 3 の実施形態に係る酸化物超電導線材に組込まれた素線 3 b の横断面図および縦断面図が示されている。

【 0 0 1 9 】この素線 3 b は、線材の横断面内の構成については図 1 (b) に示した素線とほぼ同じであるが、線材の長手方向に絶縁材層 1 3 を不連続に分布させている。このような素線構成であると、多芯構造の線材を構成したとき、各酸化物超電導体 1 1 間の電気的な絶縁性は得られないものの、絶縁材層 1 3 が存在しない場合に比べて、線材断面内における線材半径方向の抵抗率を高めることができる。したがって、この素線 3 b を組込んだ線材においても結合損失を抑制することができる。

【 0 0 2 0 】図 4 には本発明の第 4 の実施形態に係る酸化物超電導線材 1 c の斜視図が示されている。この酸化物超電導線材 1 c は、金属マトリクス 2 1 中に酸化物超電導体 2 2 を複数分布配置したものとなっている。ここで、金属マトリクス 2 1 のうち、接続に供される部分 2 1 a は低抵抗マトリクスに形成され、接続には供されない部分 2 1 b は高抵抗マトリクスに形成されている。すなわち、この例では、接続に供される部分 2 1 a が銀マトリクスによって構成され、接続には供されない部分 2 1 b が銀より抵抗率の高い銀・金合金マトリクスによって構成されている。具体的な製作方法を説明すると、まず、銀シース線材上の高抵抗化したい部分 2 1 b に金メッキする。なお、金メッキに限らず、金の蒸着など、高抵抗化したい部分の銀表面に金が付着している状態が形成されればよい。その後、金メッキの施された、つまり金の付着された銀シース線材を熱処理する。この熱処理によって、メッキした金が銀中に拡散して、金と銀との合金が形成される。メッキを施していない部分 2 1 a は、合金が形成されないため、低抵抗のままであり、この低抵抗の部分 2 1 a を接続部として使用するようにしている。

【 0 0 2 1 】このような構成であると、金属マトリクス 2 1 について、線材の長手方向に互って高抵抗を維持させることができ、しかも接続に供される部分については十分な低抵抗を維持させることができる。したがって、高抵抗マトリクスが必要となる交流マグネット用線材、極低温電流リード用線材あるいは永久電流スイッチ用線材として使用でき、しかも線材同士あるいは線材と電極部との低抵抗接続を可能とする。

【 0 0 2 2 】なお、この例では、複数の酸化物超電導体、つまり複数の酸化物超電導フィラメントを備えた多芯構造の酸化物超電導線材を形成しているが、酸化物超

電導フィラメントの数が1本の単芯線構造としてもよい。

【0023】図5には本発明の第5の実施形態に係る酸化物超電導線材1dの斜視図が示されている。この例に係る酸化物超電導線材1dでは、線材の長さ方向に対して、酸化物超電導体22の周囲に配置される金属マトリクス21中の不純物や金属と銀との比率に分布が設けられている。すなわち、この例において、接続に供される部分21aにおけるマトリクスは、銀の比率が90%以上に設定されている。そして、接続には供されない部分21bのマトリクスは、必要な抵抗あるいは熱伝導に応じた任意の合金比率あるいは不純物混合率となっている。したがって、このような構成の酸化物超電導線材1dであっても図4に示した線材と同様の効果を発揮させることができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、酸化物超電導線材の交流損失や接続抵抗による損失等の損失を大幅に低減することが可能となり、交流マグネットや極低温電流リードに適用したときには省電力化に、また永久電流スイッチに適用したときには磁場減衰率の抑制に寄与できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明の第1の実施形態に係る酸化物超電導線材の模式的横断面図で、(b)は同酸化物超電導線材を構成する素線の横断面図

【図2】(a)は本発明の第2の実施形態に係る酸化物超電導線材の模式的横断面図で、(b)は同酸化物超電導線材を構成する素線の横断面図

【図3】(a)は本発明の第3の実施形態に係る酸化物超電導線材に組み込まれた素線の横断面図で、(b)は同素線の縦断面図

【図4】本発明の第4の実施形態に係る酸化物超電導線材の斜視図

【図5】本発明の第5の実施形態に係る酸化物超電導線材の斜視図

【符号の説明】

1, 1a, 1c, 1d…酸化物超電導線材

2, 21…金属マトリクス

3, 3a, 3b…素線

11, 22…酸化物超電導体

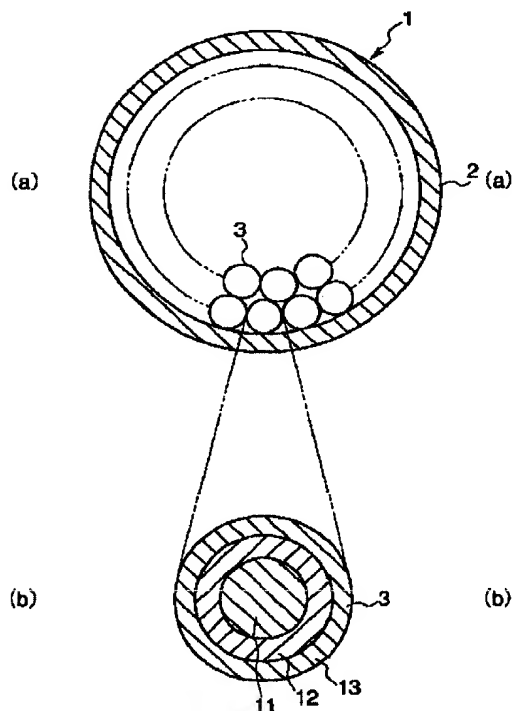
12, 14…金属材層

13…絶縁材層

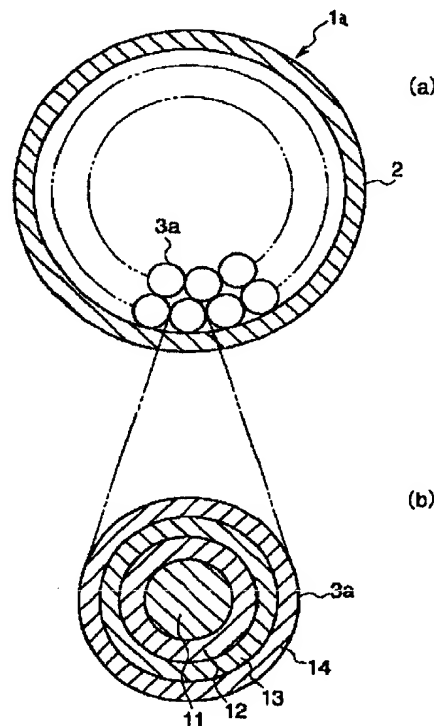
21a…接続に供される部分

21b…接続には供されない部分

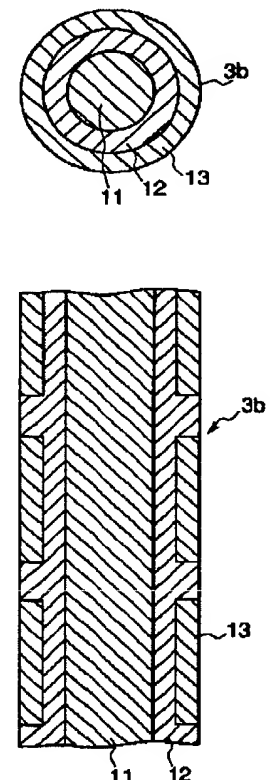
【図1】



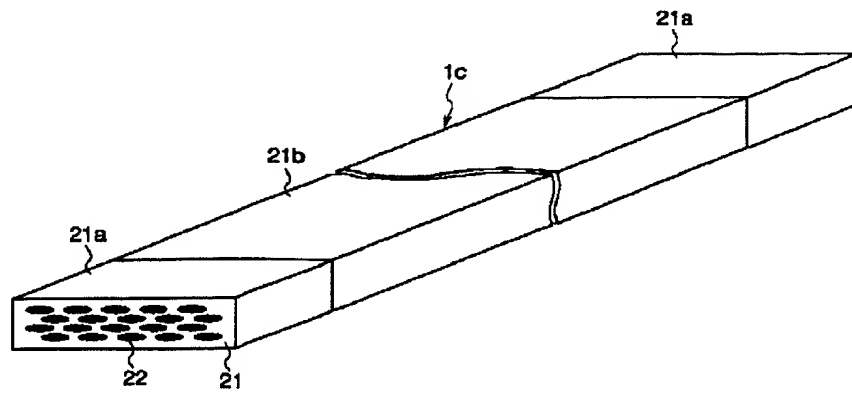
【図2】



【図3】



【図 4】



【図 5】

